

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4511175号
(P4511175)

(45) 発行日 平成22年7月28日(2010.7.28)

(24) 登録日 平成22年5月14日(2010.5.14)

(51) Int.Cl.

F I

HO 1 L 29/786	(2006.01)	HO 1 L 29/78	6 1 8 B
HO 1 L 21/336	(2006.01)	HO 1 L 29/78	6 1 7 V
HO 1 L 51/05	(2006.01)	HO 1 L 29/78	6 1 7 T
HO 1 L 51/30	(2006.01)	HO 1 L 29/28	1 0 0 A
HO 1 L 51/40	(2006.01)	HO 1 L 29/28	2 8 0

請求項の数 8 (全 16 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2003-527816 (P2003-527816)
(86) (22) 出願日	平成14年8月26日 (2002.8.26)
(65) 公表番号	特表2005-503026 (P2005-503026A)
(43) 公表日	平成17年1月27日 (2005.1.27)
(86) 国際出願番号	PCT/US2002/027172
(87) 国際公開番号	W02003/023877
(87) 国際公開日	平成15年3月20日 (2003.3.20)
審査請求日	平成17年8月17日 (2005.8.17)
(31) 優先権主張番号	09/947, 845
(32) 優先日	平成13年9月6日 (2001.9.6)
(33) 優先権主張国	米国 (US)

(73) 特許権者	505005049
	スリーエム イノベイティブ プロパティ ズ カンパニー
	アメリカ合衆国, ミネソタ州 55133 -3427, セント ポール, ポスト オ フィス ボックス 33427, スリーエ ム センター
(74) 代理人	100099759
	弁理士 青木 篤
(74) 代理人	100077517
	弁理士 石田 敬
(74) 代理人	100087413
	弁理士 古賀 哲次
(74) 代理人	100082898
	弁理士 西山 雅也

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 有機薄膜トランジスタ、その製造方法、集積回路及び組成物

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ゲート誘電体と有機半導体層との間に挟まれた自己組織化単分子層を含む有機薄膜トランジスタであって、前記自己組織化単分子層が、ゲート誘電体と前記自己組織化単分子層の前駆物質との間の反応生成物であり、前記前駆物質が、式：



を有する組成物を含み、

式中、X が H または CH_3 であり、

Y が、直鎖状または分枝状 $C_5 \sim C_{50}$ 脂肪族または環状脂肪族基であり、

Z が $-PO_3H_2$ であり、

n が 1、2、または 3 である、有機薄膜トランジスタ。

【請求項 2】

Y が、飽和脂肪族基、不飽和脂肪族基、飽和環状脂肪族基、および不飽和環状脂肪族基、またはそれらの組合せから選択され、各々が直鎖状または分枝状であってもよい、請求項 1 に記載の薄膜トランジスタ。

【請求項 3】

前記自己組織化単分子層の前駆物質が、 $CH_3 - (CH_2)_m - PO_3H_2$ から選択された組成物を含み、m が 4 ~ 21 の整数である、請求項 1 又は 2 に記載の薄膜トランジスタ。

【請求項 4】

前記自己組織化単分子層の前駆物質が、1 - ホスホノヘキサン、1 - ホスホノオクタン

、 1 - ホスホノヘキサデカン、および 1 - ホスホノ - 3 , 7 , 1 1 , 1 5 - テトラメチルヘキサデカンから選択された組成物を含む、請求項 1 又は 2 に記載の薄膜トランジスタ。

【請求項 5】

請求項 1 ~ 4 のいずれか 1 項に記載の薄膜トランジスタを多数含む、集積回路。

【請求項 6】

1 - ホスホノ - 3 , 7 , 1 1 , 1 5 - テトラメチルヘキサデカンを含む組成物。

【請求項 7】

有機薄膜トランジスタの製造方法であって、

a) 基板を提供する工程と、

b) ゲート電極材料を前記基板上に提供する工程と、

c) ゲート誘電体を前記ゲート電極材料上に提供する工程と、

d) 自己組織化単分子層を前記ゲート誘電体に隣接して提供する工程であって、前記自己組織化単分子層が、ゲート誘電体と前記自己組織化単分子層の前駆物質との間の反応生成物であり、前記前駆物質が、式：



を有する組成物を含み、

式中、X が H または $C H_3$ であり、Y が、直鎖状または分枝状 $C_5 \sim C_{50}$ 脂肪族または環状脂肪族基であり、Z が $- P O_3 H_2$ であり、n が 1、2、または 3 である、工程と、

e) 有機半導体層を前記単分子層に隣接して提供する工程と、

f) ソース電極およびドレイン電極を前記有機半導体層に接触して提供する工程と、を含む方法。

【請求項 8】

請求項 7 に記載の方法によって製造された複数の薄膜トランジスタを含む、集積回路。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、改善された性能を有する有機薄膜トランジスタに関する。より詳しくは、本発明は、半導体とゲート誘電体との間に自己組織化単分子層を有する有機薄膜トランジスタに関する。

【背景技術】

【0002】

有機半導体は、低コスト電子機器を中心としたいろいろな適用に非常に重要である。有機化合物を合成して多種多様な素子の必要な電子的性質を導入することができ、又、結晶シリコンマイクロエレクトロニクスに現在可能でない低コストのロール・トゥ・ロール加工を実施できるように構成できると考えられる。

【0003】

有機電子素子の関心の的になっている 1 つの領域は、有機半導体と別の素子層との間に形成された境界面の特質である。自己組織化単分子層 (SAM) および他のタイプの「ドーブされた」コンタクトを用いて有機半導体に対する金属コンタクトの性質を制御する多くの試みがなされている。半導体 / 誘電体の境界面を制御するこれまでの試みには、酸化ケイ素の表面でのヘキサメチルジシラザン (HMDS) およびシランカップリング剤の使用などがある。高温で形成された二酸化ケイ素ゲート誘電体材料上にオクタデシルトリクロシラン (OTS) をコートしてトランジスタ性能に影響を与える、真空で長時間かかる複雑な堆積方法が用いられている。この方法に有用な材料は、大気中および誘電体層の表面の水分への過敏性、誘電体層への結合反応と拮抗して、材料の架橋反応による不安定性、再現性がよい膜性質を達成するのが難しいなど、いろいろな不便な点を有する。EP 1 0 4 1 6 5 2 A 2 号には、薄膜トランジスタ (TFT) の $S i O_x$ 上の溶液キャストオリゴチオフェンの結晶性ドメインの寸法を増大するいくつかの表面処理の使用が記載されているが、測定された移動度の値は、未処理の対照よりも概して小さい。

【発明の開示】

10

20

30

40

50

【課題を解決するための手段】

【0004】

本発明者は、有機電子素子を検討し、有機半導体と誘電材料との間の境界面に焦点をあてた。本発明者は、有機薄膜トランジスタの性質を改善する材料および方法を発見した。本発明の有機薄膜トランジスタはまた、ロールツーロール法によって製造するのに適している。

【0005】

簡潔に言えば、本発明は、ゲート誘電体と有機半導体層との間に挟まれた自己組織化単分子層を提供するものであり、前記単分子層が、ゲート誘電体と前記自己組織化単分子層 (self-assembled monolayer) の前駆物質との間の反応生成物であり、前記前駆物質が、式：



を有する組成物を含み、

式中、XがHまたはCH₃であり、

Yが、直鎖状または分枝状C₅~C₅₀脂肪族または環状脂肪族結合基であるか、あるいは芳香族基とC₃~C₄₄脂肪族または環状脂肪族結合基とを含む直鎖状または分枝状C₈~C₅₀基であり、

Zが、-PO₃H₂、-OPO₃H₂、ベンゾトリアゾリル(-C₆H₄N₃)、カルボニルオキシベンゾトリアゾール(-OC(=O)C₆H₄N₃)、オキシベンゾトリアゾール(-O-C₆H₄N₃)、アミノベンゾトリアゾール(-NH-C₆H₄N₃)、-CONHOH、-COOH、-OH、-SH、-COSH、-COSeH、-C₅H₄N、-SeH、-SO₃H、-NC、-SiCl(CH₃)₂、-SiCl₂CH₃、アミノ、およびホスフィニルから選択され、

nが1、2、または3であり、ただし、Zが-SiCl(CH₃)₂または-SiCl₂CH₃であるとき、n=1である。

【0006】

様々な薄膜トランジスタ構造の選択が可能である。例えば、ソースおよびドレイン電極は、ソースおよびドレイン電極の上の有機半導体層と共にゲート誘電体に隣接しているか、または有機半導体層がソースおよびドレイン電極とゲート誘電体との間に挟まれてもよい。

【0007】

別の態様において、本発明は、基板を提供する工程と、ゲート電極材料を前記基板上に提供する工程と、ゲート誘電体を前記ゲート電極材料上に提供する工程と、ゲート誘電体と前記単分子層の前駆物質との間の反応生成物である、自己組織化単分子層(SAM)を前記ゲート誘電体に隣接して提供する工程と、有機半導体層を前記単分子層に隣接して提供する工程と、ソース電極およびドレイン電極を前記有機半導体層に接触して提供する工程と、を含む、薄膜トランジスタの製造方法を提供する。前記前駆物質は、有機薄膜トランジスタ物品に関して上に記載した通りである。有機薄膜トランジスタ物品を含む集積回路もまた、提供される。

【0008】

本発明の特徴を備えていない周知の素子よりもすぐれた1つ以上の改善を有する有機薄膜トランジスタを提供することが、本発明の利点である。本発明によって、閾値電圧、サブ閾値傾斜、オン/オフ比、および電荷キャリア移動度などの性質の改善を達成することができる。本発明によって提供された素子の性能の改善は、より速いスイッチ速度およびより単純な加工条件を有する、より複雑な回路の製造を可能にする。本発明はまた、非常に小さい形状を有する素子と同等の性能を有する、より大きな回路要素の製造を可能にする。より大きな形状寸法を有する素子は、高価な精密パターン化方法を必要としないので、それほど高価でない場合がある。

【0009】

本明細書中で用いた語「a」または「an」あるいは「the」は、「少なくとも1つ

10

20

30

40

50

」と交換可能に用いられ、改良される要素の「1つ以上」を意味する。

【0010】

本発明の他の特徴および利点は、本発明の以下の詳細な説明および請求項から明らかであろう。開示内容の原理の上記の概要は、各々の例示した実施態様またはこの開示内容のすべての実施について説明することを意図するものではない。より具体的に以下に記載した図および詳細な説明は、本明細書に開示された原理を利用する特定の好ましい実施態様を例示する。

【発明を実施するための最良の形態】

【0011】

概して、薄膜トランジスタは、ゲート電極、ゲート電極上のゲート誘電体、ゲート誘電体に隣接しているソース電極およびドレイン電極、ゲート誘電体に隣接し且つソースおよびドレイン電極に隣接している半導体層を備える。より具体的には、有機薄膜トランジスタ(OTFT)は、有機半導体層を有する。

10

【0012】

本発明の有機薄膜トランジスタは、ゲート誘電体と有機半導体層との間に挟まれた自己組織化単分子層(SAM)を更に備える。

【0013】

図1を参照すると、本発明の一実施態様において、ゲート電極12が、基板26上に提供される。ゲート誘電体14が、ゲート電極12上に提供される。自己組織化単分子層16が、ゲート誘電体14と有機半導体層18との間に挟まれる。ソース電極22およびドレイン電極24が、有機半導体層18に隣接して提供される。

20

【0014】

上に記載したトランジスタの実施態様は、有機半導体層上にソースおよびドレイン電極を備える。様々な他の実施態様が、本発明の範囲内にあり、そのいくつかを以下記載する。

【0015】

図2を参照すると、本発明の別の実施態様において、ゲート電極32が基板46上に提供される。ゲート誘電体34がゲート電極32上に提供される。ソース電極42およびドレイン電極44が、ゲート誘電体34に隣接して配置される。自己組織化単分子層36が、ゲート誘電体34と有機半導体層38との間に挟まれる。

30

【0016】

図3を参照すると、本発明の更に別の実施態様において、ゲート電極52、ソース電極62およびドレイン電極64が基板66上に提供される。ゲート誘電体54がゲート電極52上に提供される。自己組織化単分子層56がゲート誘電体54と有機半導体層58の間に挟まれる。ゲート電極52がソース電極62およびドレイン電極64から電気絶縁されるように、ゲート誘電体54がゲート電極52を密閉するのがよい。ゲート誘電体54がゲート電極52とソース電極62および/またはドレイン電極64の間の全領域を塞がなくてもよいが、ゲート電極52がゲート誘電体54によって密閉されるのがよい。このような場合、自己組織化単分子層56および/または有機半導体層58が、ゲート誘電体54とソース電極62および/またはドレイン電極64の間の領域に含有されてもよい。

40

【0017】

基板は、製造、試験、および/または使用中にOTFTを支持する。例えば、様々な実施態様を試験または選別するために1つの基板を選択することができ、別の基板が商用の実施態様のために選択される。いくつかの実施態様において、基板は、TFTに何れの必要な電氣的機能をも提供しない。このタイプの基板は、本明細書中で「非関与基板(non-participating substrate)」と呼ばれる。有用な材料には、有機または無機材料を含めることができる。例えば、基板は、無機ガラス、セラミック箔、ポリマー材料、充填剤入りポリマー材料、コーティングされた金属箔、アクリル、エポキシ、ポリアミド、ポリカーボネート、ポリイミド、ポリケトン、ポリ(オキシ-1,4-フェニレンオキシ-1,4-フェニレンカルボニル-1,4-フェニレン)(時々、ポ

50

リ（エーテルエーテルケトン）またはPEEKと称される）、ポリノルボルネン、ポリフェニレンオキシド、ポリ（エチレンナフタレンジカルボキシレート）（PEN）、ポリ（エチレンテレフタレート）（PET）、ポリ（フェニレンスルフィド）（PPS）、繊維強化プラスチック（FRP）を含んでもよい。

【0018】

フレキシブル基板が、本発明のいくつかの実施態様において用いられる。これは、ロール加工を可能にし、連続的であってもよく、平坦なおよび/または硬質基板のスケールの経済性および製造の経済性を提供する。選択されたフレキシブル基板は好ましくは、変形または破断せずに約50cm未満の直径のシリンダの外周の周りに巻き付けることができる。選択された基板はより好ましくは、変形または破断せずに約25cm未満の直径のシリンダの外周の周りに巻き付けることができる。いくつかの実施態様において、選択された基板は最も好ましくは、変形または破断せずに直径が約10cm未満であるか、またはわずか約5cmの直径のシリンダの外周の周りに巻き付けることができる。補助なしに手によって、すなわち、レバー、機械、水力学などの助けを借りずに、特定のシリンダの周りに本発明のフレキシブル基板を巻き付けるために使用した力は、一般に小さい。好ましいフレキシブル基板を、それ自体に巻き上げてよい。

10

【0019】

本発明のいくつかの実施態様において、基板は自由に選択できる。例えば、図1の実施態様において、ゲート電極12および/またはゲート誘電体14が、得られたTF Tの所期の使用に十分な支持を提供するとき、基板26は必要とされない。更に、基板を、仮支持体と組合せてもよい。かかる実施態様において、一時的な目的、例えば、製造、輸送、試験、および/または貯蔵のために支持が望ましいときなど、支持体を、基板26に取り外し可能に付着または機械的に取付けてもよい。例えば、フレキシブルなポリマー基板を、除去可能な、硬質のガラス支持体に付着させてもよい。

20

【0020】

ゲート電極は、何れの有用な導電性材料であってもよい。例えば、ゲート電極は、ドーブされたシリコン、または、アルミニウム、クロム、金、銀、ニッケル、パラジウム、白金、タンタル、およびチタンなどの金属を含んでもよい。導電性ポリマー、例えば、ポリアニリン、ポリ（3,4-エチレンジオキシチオフェン）/ポリ（スチレンスルホネート）（PEDOT: PSS）もまた、用いることができる。更に、これらの材料のアロイ、組合せ、および多層が有用である場合がある。

30

【0021】

本発明のいくつかの実施態様において、同じ材料がゲート電極機能を提供することができ、同様に、基板の支持機能を提供することができる。例えば、ドーブされたシリコンがゲート電極として機能し、OTFTを支持することができる。

【0022】

ゲート誘電体がゲート電極上に提供される。このゲート誘電体は、OTFT素子の残余の部分からゲート電極を電気絶縁する。従って、ゲート誘電体は、電気絶縁材料を含む。ゲート誘電体は、約2を上回る、より好ましくは約5を上回る誘電率を有するのがよい。ゲート誘電体の誘電率は、又、非常に高い場合があり、例えば、80~100またはそれ以上である場合がある。ゲート誘電体の有用な材料は、例えば、無機電気絶縁材料を含んでもよい。ゲート誘電体は、ポリニフッ化ビニリデン（PVDF）、シアノセルロース、ポリイミドなどのポリマー材料を含んでもよいが、無機キャッピング層は好ましくは、自己組織化単分子層への結合のための外層を含む。

40

【0023】

ゲート誘電体に有用な材料の具体例には、ストロンチエート（strontiates）、タンタレート、チタネート、ジルコネート、酸化アルミニウム、酸化ケイ素、酸化タンタル、酸化チタン、窒化ケイ素、チタン酸バリウム、チタン酸ストロンチウムバリウム、チタン酸ジルコニウム酸バリウム、セレン化亜鉛、および硫化亜鉛などがある。更に、これらの例のアロイ、組合せ、および多層を、ゲート誘電体のために用いることができる。

50

これらの材料のうち、酸化アルミニウム、酸化ケイ素、およびセレン化亜鉛が好ましい。

【0024】

ゲート誘電体を、OTFTに別個の層として提供するか、または、ゲート材料を酸化させてゲート誘電体を形成するなどによって、ゲート上に形成することができる。

【0025】

ソース電極およびドレイン電極がゲート誘電体によってゲート電極から隔てられ、他方、有機半導体層がソース電極およびドレイン電極の上にまたは下にあってもよい。ソースおよびドレイン電極は、何れの有用な導電性材料であってもよい。有用な材料には、ゲート電極について上に記載した材料の大部分、例えば、アルミニウム、バリウム、カルシウム、クロム、金、銀、ニッケル、パラジウム、白金、チタン、ポリアニリン、PEDOT : PSS、他の導電性ポリマー、それらのアロイ、それらの組合せ、およびそれらの多層、などがある。

10

【0026】

薄膜電極（例えば、ゲート電極、ソース電極、およびドレイン電極）を、物理蒸着（例えば、熱蒸発、スパッタリング）またはインクジェットプリンティングなどの何れかの有用な手段によって提供することができる。これらの電極のパターン化は、シャドウマスク、アディティブ法による光フォトリソグラフィ（additive photolithography）、サブトラクティブ法による光フォトリソグラフィ（subtractive photolithography）、プリンティング、マイクロコンタクトプリンティング、およびパターンコーティングなどの周知の方法によって達成することができる。

20

【0027】

有機半導体層の有用な材料には、アセンがある。具体例には、アントラセン、ナフタレン、テトラセン、およびペンタセンなどがある。他の例には、ペリレン、フラレン、フタロシアニン、オリゴチオフェン、およびそれらの置換誘導体などがある。

【0028】

有機半導体層を、例えば、蒸着、スピンコーティング、およびプリンティング技術など、何れかの有用な手段によって提供することができる。

【0029】

自己組織化単分子層（SAM）が、ゲート誘電体と有機半導体層との間に挟まれる。前記単分子層は、ゲート誘電体と自己組織化単分子層の前駆物質との間の反応生成物である。

30

【0030】

自己組織化単分子層の前駆物質は、ターゲット表面上に自己組織化膜、典型的には、単分子層膜を形成する分子を提供する。自己組織化薄膜はしばしば、自己組織化前駆物質の稀釈溶液中で目的の基板をコートするか、または前駆物質を含有する気相に暴露し、膜を形成させることによって作製される。前駆物質の分子は、基板上にほぼ組織化された分子膜を形成する。この膜は、形成されると、そこから堆積する溶剤中に再溶解しない。

【0031】

概して、三官能性シランなど、ゲート誘電体への吸着または結合反応と拮抗する場合がある単分子層の形成と無関係に架橋を形成する材料は、本発明の単分子層の前駆物質に望ましくない。しかしながら、ゲート誘電体に接着するのに有効な官能基を有し、且つSAMの形成後に架橋を形成することができる他の基を有する材料を使用することができる。

40

【0032】

前記単分子層の前駆物質は、式：



を有する組成物を含み、

式中、XがHまたはCH₃であり、

Yが、直鎖状または分枝状C₅~C₅₀脂肪族または環状脂肪族結合基であるか、あるいは芳香族基とC₃~C₄₄脂肪族または環状脂肪族結合基とを含む直鎖状または分枝状C₈~

50

C₅₀基であり、

Zが、-PO₃H₂、-OPO₃H₂、ベンゾトリアゾリル(-C₆H₄N₃)、カルボニルオキシベンゾトリアゾール(-OC(=O)C₆H₄N₃)、オキシベンゾトリアゾール(-O-C₆H₄N₃)、アミノベンゾトリアゾール(-NH-C₆H₄N₃)、-CONHOH、-COOH、-OH、-SH、-COSH、-COSeH、-C₅H₄N、-SeH、-SO₃H、イソニトリル(-NC)、クロロジメチルシリル(-SiCl(CH₃)₂)、ジクロロメチルシリル(-SiCl₂CH₃)、アミノ、およびホスフィニルから選択され、

nが1、2、または3であり、ただし、Zが-SiCl(CH₃)₂または-SiCl₂CH₃であるとき、n=1である。

10

【0033】

本明細書において、何れかのゲート誘電体と自己組織化単分子層の前駆物質中の官能基との間の反応は好ましくは、結合相互作用(例えば、共有結合またはイオン性)である。本明細書において、自己組織化単分子層は、厚さ約5オングストローム()~約30のオーダーの単分子層を指す。

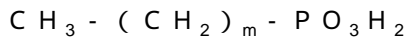
【0034】

好ましい実施態様において、Yは飽和脂肪族基、不飽和脂肪族基、飽和環状脂肪族基、および不飽和環状脂肪族基、またはそれらの組合せであってもよく、それらの各々が、直鎖状または分枝状であってもよい。

20

【0035】

前記単分子層の前駆物質は式：



の組成物を含んでもよく、式中、mが4~21の整数である。

【0036】

単分子層の前駆物質の具体例には、1-ホスホノオクタン、1-ホスホノヘキサン、1-ホスホノヘキサデカン、および1-ホスホノ-3,7,11,15-テトラメチルヘキサデカンなどがある。

【0037】

本発明の実施に有用な分枝状炭化水素単分子層の前駆物質のクラスの1つの構成員は、1-ホスホノ-3,7,11,15-テトラメチルヘキサデカンである。このクラスの他の構成員には、1-ホスホノ-2-エチルヘキサン、1-ホスホノ-2,4,4-トリメチルペンタン、および1-ホスホノ-3,5,5-トリメチルヘキサンなどがある。1-ホスホノ-3,7,11,15-テトラメチルヘキサデカンを市販のアリルアルコール前駆物質から調製することができ、そのために、アルケン二重結合を還元し、そのアルコールを相応するプロミドに変換し、次いで、プロミドを相応するホスホン酸に変換する。より具体的には、3,7,11,15-テトラメチル-2-ヘキサデセン-1-オールを3,7,11,15-テトラメチル-1-ヘキサデカノールに還元し、3,7,11,15-テトラメチル-1-ヘキサデカノールを1-プロモ-3,7,11,15-テトラメチルヘキサデカンに変換し、次いで1-プロモ-3,7,11,15-テトラメチルヘキサデカンを1-ホスホノ-3,7,11,15-テトラメチルヘキサデカンに変換することによって、1-ホスホノ-3,7,11,15-テトラメチルヘキサデカンが得られる。これらの合成変換は、当業者に周知の材料および方法を用いて達成される。又、3,7,11,15-テトラメチル-2-ヘキサデセン-1-オール以外の出発原料および上に記載した反応順序以外の独立の反応順序を用いて、1-ホスホノ-3,7,11,15-テトラメチルヘキサデカン、ならびに分枝状炭化水素単分子層の前駆物質のこのクラスの他の構成員を合成してもよいが、具体的に例示した単分子層の前駆物質および調製方法は、不当に制限的であると解釈されるべきではない。

30

40

【0038】

自己組織化単分子層の前駆物質が、何れかの周知の方法によってゲート誘電体上に提供される。例えば、前駆物質が、噴霧、スピン、浸漬、グラビア、マイクロコンタクトブリ

50

ンティング、インクジェットプリンティング、スタンピング、転写プリンティング、および蒸着などのコーティング方法によって提供されてもよい。自己組織化単分子層の前駆物質を、ゲート誘電体の表面と相互作用させる。この相互作用または反応は瞬間的であるか、または時間を要することがあり、その場合、温度を上昇させることにより、必要な時間を低減させることができる。自己組織化単分子層の前駆物質の溶液がゲート誘電体層上に提供されるとき、溶剤が、必要とされた材料と共存できる方法によって、例えば、加熱によって除去される。何れの過剰な単分子層の前駆物質も、一般に、有機半導体を堆積する前にすすぎ洗いをして除去される。

【0039】

一実施態様において、ソースおよびドレイン電極が、単分子層の前駆物質を提供する前にゲート誘電体に隣接して提供される。次いで、単分子層の前駆物質が提供される。自己組織化単分子層が完成した後、有機半導体層が、ソースおよびドレイン電極の上および自己組織化単分子層上にゲート誘電体に隣接して提供される。

10

【0040】

本発明の有機薄膜トランジスタ(OTFT)は、周知の有機薄膜トランジスタよりも1つ以上の利点を有する。これらの利点は、例えば、電荷キャリア移動度において、明らかである。本発明は、本発明の自己組織化単分子層のない、本発明によって作製されない比較用OTFTより大きい電荷キャリア移動度を有するOTFTを提供する。本発明のOTFTは好ましくは、本発明によって作製されない比較用OTFTの電荷キャリア移動度よりも、少なくとも約25%大きい、より好ましくは、少なくとも約50%大きい、いくつ

20

【0041】

より具体的には、有機半導体としてペンタセンを有する実施態様において、本発明は、少なくとも約 $0.2 \text{ cm}^2 / \text{Vs}$ 、より好ましくは少なくとも $0.5 \text{ cm}^2 / \text{Vs}$ 、更により好ましくは少なくとも約 $1.0 \text{ cm}^2 / \text{Vs}$ の電荷キャリア移動度を有するOTFTを提供する。本発明のいくつかの実施態様において、電荷キャリア移動度は $2.0 \text{ cm}^2 / \text{Vs}$ より大きい。

30

【0042】

本発明は、約 $-2.5 \sim 2.5 \text{ V}$ の閾値電圧、好ましくは約 $0 \sim -1.0 \text{ V}$ 、より好ましくは約 $0 \sim -0.5 \text{ V}$ の閾値電圧を有するp型半導体OTFTを提供する。本発明は、約 $-2.5 \sim 2.5 \text{ V}$ の閾値電圧、好ましくは約 $1.0 \sim 0 \text{ V}$ 、より好ましくは約 $5 \sim 0 \text{ V}$ の閾値電圧を有するn型半導体OTFTを提供する。

【0043】

本発明は、約 $1.0 \text{ V} / \text{dec}$ (絶対値)未満のサブ閾値傾斜、好ましくは、約 $5 \text{ V} / \text{dec}$ (絶対値)未満の、より好ましくは、約 $2 \text{ V} / \text{dec}$ (絶対値)未満のサブ閾値傾斜を有するOTFTを提供する。本発明は、少なくとも約 10^4 、好ましくは少なくとも約 10^5 、より好ましくは少なくとも約 5×10^5 、更により好ましくは少なくとも約 10^6 のオンオフ比を有するOTFTを提供する。

40

【0044】

これらの性質の様々な組合せが可能である。例えば、本発明の一実施態様において、p型半導体OTFTが、少なくとも約 $1 \text{ cm}^2 / \text{Vs}$ の電荷キャリア移動度、負の閾値電圧、約 $5 \text{ V} / \text{dec}$ 未満のサブ閾値傾斜、少なくとも約 10^5 のオン/オフ比を有する。

【0045】

本発明は、有機薄膜トランジスタの製造方法を提供するものであり、a)基板を提供する工程と、b)ゲート電極材料を前記基板上に提供する工程と、c)ゲート誘電体を前記ゲート電極材料上に提供する工程と、d)自己組織化単分子層(SAM)を前記ゲート誘

50

電体に隣接して提供する工程であって、前記単分子層が、ゲート誘電体と前記自己組織化単分子層の前駆物質との間の反応生成物であり、前記前駆物質が、式： $X - Y - Z_n$ を有する組成物を含み、式中、 X が H または CH_3 であり、 Y が、直鎖状または分枝状 $C_5 \sim C_{50}$ 脂肪族または環状脂肪族結合基であるか、あるいは芳香族基と $C_3 \sim C_{44}$ 脂肪族または環状脂肪族結合基とを含む直鎖状または分枝状 $C_8 \sim C_{50}$ 基であり、 Z が、 $-PO_3H_2$ 、 $-OPO_3H_2$ 、ベンゾトリアゾリル($-C_6H_4N_3$)、カルボニルオキシベンゾトリアゾール($-OC(=O)C_6H_4N_3$)、オキシベンゾトリアゾール($-O-C_6H_4N_3$)、アミノベンゾトリアゾール($-NH-C_6H_4N_3$)、 $-CONHOH$ 、 $-COOH$ 、 $-OH$ 、 $-SH$ 、 $-COSH$ 、 $-COSeH$ 、 $-C_5H_4N$ 、 $-SeH$ 、 $-SO_3H$ 、 $-NC$ 、 $-SiCl(CH_3)_2$ 、 $-SiCl_2CH_3$ 、アミノ、およびホスフィニルから選択され、 n が1、2、または3であり、ただし、 Z が $-SiCl(CH_3)_2$ または $-SiCl_2CH_3$ であるとき、 $n=1$ である、工程と、e)有機半導体層を前記単分子層に隣接して提供する工程と、f)ソース電極およびドレイン電極を前記有機半導体層に接触して提供する工程と、を含む。

【0046】

薄膜トランジスタ物品に関して上に記載したように、有機半導体層を、ソースおよびドレイン電極の上にまたは下に提供することができる。本発明はまた、上に記載した方法によって製造された複数のOTFTを含む集積回路を提供する。

【0047】

本発明は更に、上に記載したように、複数のOTFTを提供する工程を含む、集積回路の製造方法を提供する。従って、本発明は、記載したOTFTの1つ以上を含む物品において具体化される。かかる物品には、例えば、高周波認証票、アクティブ・マトリクスディスプレイのバックプレーン、スマートカード、メモリ素子などがある。本発明のOTFTを備えるデバイスにおいて、かかるOTFTは、当業界で公知の手段によって動作可能に接続される。

【0048】

本発明の薄膜トランジスタまたは集積回路の全製造プロセスが、約450の最大基板温度より低い温度で、好ましくは約250より低い温度、より好ましくは約150より低い温度、更により好ましくは約70より低い温度、または室温ぐらいの温度(約25)においても、実施されてもよい。温度の選択は概して、本明細書に含まれる本発明の情報を与えられると、当業界で公知である基板および加工のパラメータに依存する。これらの温度は、従来の集積回路および半導体加工温度よりかなり低く、それにより、フレキシブルなポリマー基板など、いろいろな相対的に高価でない基板の何れをも使用することを可能にする。従って、本発明は、著しく改善された性能を有する有機薄膜トランジスタを備える相対的に高価でない集積回路の製造を可能にする。

【0049】

本発明の目的および利点は、以下の実施例によって更に示されるが、これらの実施例に説明された個々の材料および量、ならびに他の条件および詳細は、本発明を不当に制限すると解釈されるべきではない。

【実施例】

【0050】

試験方法

A. 膜厚さ

単一波長楕円偏光法を使用して、表面処理有機膜の厚さを推定した。基板の Psi および $Delta$ の値(および)を、ガートナー(Gaertner)二重モード自動楕円偏光計 モデルL116A(イリノイ州、スコキエのガートナーカンパニー(Gaertner Co., Skokie, IL)製)を用いて70°の入射角および632.8nmの波長において、清浄にした基板から得た。前記膜を基板に適用し、膜の値を測定した(および)。

【0051】

楕円偏光法モデリングソフトウェア、WVASE 3.2 (ネブラスカ州、リンカーンの J. A. ウーラムインク (J. A. Woolam, Inc., Lincoln, NE) 製) を用いて、Si 上に 10 nm の SiO₂、その上に 1500 nm の Al₂O₃ からなる光学モデルを構成した。代表的な光学定数 (ソフトウェアに含まれている) を SiO₂ および Si 層のために使用した。フィットの浮動変数は、Al₂O₃ の厚さ (d) および屈折率 (n) であった。1500 nm および n = 1.77 のシード値を用いた。代表的な最終フィット値は 1400 nm ~ 1700 nm、n が 1.56 ~ 1.60 であった。

【0052】

ε_s および ε_f がフィットされると、浮動変数 (d_{Al₂O₃} および n_{Al₂O₃}) が固定された。有機層を、空気と誘電体層との間の、光学モデルに加えた。この層は、可変的な厚さを有するが、その屈折率は 1.46 に固定された。次に、有機層の厚さを変え、ε_f および ε_s に対するベストフィットを達成した。この有機層の厚さを、自己組織化単分子層の厚さとして記録した。

10

【0053】

更に別の情報については、ライビニス (Laibinis) ら著、「硬化の金属表面、Cu、Ag、Au 上のノルマル-アルカンチオール自己組織化単分子層の構造および湿潤性質の比較」 "Comparison of the structures and wetting properties of self-assembled monolayers of normal-alkanethiols on the coinage metal surfaces, Cu, Ag, Au", J. Am. Chem. Soc., Vol. 113, 7152 ~ 7167 ページ, 1991 年、を参照のこと。

20

【0054】

B. 水の接触角 (WCA)

水の静的、前進、および後退接触角を、ビデオ接触角装置 (マサチューセッツ州、ビルリカの AST プロダクツ (AST Products, Billerica, MA) 製のモデル、VCA-2500XE) で測定した。記録した値を、各試験表面の少なくとも 3 滴の両側の測定値の平均であった。これらの測定値の推定された不確定性は、静的および前進の測定値について ±1 度、および後退の測定値について ±2 度であった。表面の特性決定のデータを表 I にまとめる。

30

【0055】

C. 自己組織化単分子層の特質

単分子層の構造および規則化は、例えば、ベイン (Bain) ら著、J. Am. Chem. Soc., Vol. 111, 321 ~ 35 ページ, 1989 年によって記載された技術で接触角および楕円偏光法による厚さのデータの両方を用いて測定した。この方法によって、水の前進接触角の値が 111 ~ 115°、後退角が 100° より大きいとき、十分に規則化されたメチル基末端表面がおそらく原因であった。楕円偏光法による厚さが分子の長さの計算値の約 70 ~ 100% であったとき (すなわち、1-ホスホノヘキサデカンについて約 18 ~ 19%)、ホスホノアルカン分子はおそらく、それらのメチル (-CH₃) 基が空気/ホスホノアルカン膜の境界面に、それらのホスホノ基がホスホノアルカン膜/誘電体の境界面にあり、表面にほとんど垂直に配向された。逆に、100 ~ 110° の水の前進接触角は、アルカン鎖の規則化の小さくなった膜を示し、空気/ホスホノアルカン膜の境界面は、メチレン基 (-CH₂-) ならびにメチル基からなることを示唆した。

40

【0056】

D. 薄膜トランジスタの性能

トランジスタ性能を、例えば、S. M. スゼ (S. M. Sze) 著、「半導体素子の物理学 (Physics of Semiconductor Devices)」, 442 ページ、ジョン・ワイリー & サンズ (John Wiley & Sons)、ニューヨーク、1981 年、に示されているような、当業界で公知の技術を用いて室温の空气中で試

50

験した。半導体パラメータアナライザ（カリフォルニア州、サンノゼのヒューレット・パッカード（Hewlett-Packard, San Jose, CA）製のモデル4145A）を用い、以下の結果を得た。

【0057】

ドレイン電流（ I_d ）の平方根を、 -40 V の一定ソース・ドレインバイアス（ V_d ）に対して $+10\text{ V} \sim -40\text{ V}$ のゲート・ソースバイアス（ V_g ）の関数としてプロットし、飽和電界効果移動度を、ゲート誘電体の固有容量（specific capacitance）、チャネル幅およびチャネル長さを用いて曲線の直線部分から計算した。この直線フィットのx軸補外を、閾値電圧（ V_t ）とみなした。更に、 I_d を V_g の関数としてプロットすることにより、 V_t を含む曲線の一部に沿って直線フィットを描く曲線をもたらした。この線の傾斜の逆数が、サブ閾値傾斜（ S ）であった。オン・オフ比を、 I_d - V_g 曲線の最小・最大値間の差とした。

10

【0058】

材料

前駆物質

自己組織化単分子層の前駆物質1-ホスホノヘキサデカン（ $\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_{15} - \text{PO}_3\text{H}_2$ ）が、マサチューセッツ州、チェルムスフォードのオリザラボラトリー（Orza Laboratories, Chelmsford, MA）から市販されており、1-ホスホノオクタン（ $\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_7 - \text{PO}_3\text{H}_2$ ）が、マサチューセッツ州、ウォード・ヒルのアルファイザ（Alfa Aesar, Ward Hill, MA）から市販されており、1-ホスホノヘキサンが、ニューハンプシャー州、イーストハンプステッドのオルガノメタリックスインク（Organometallics, Inc., East Hampstead, NH）から市販されていた。

20

【0059】

受け入れたままのホスホン酸が残留エチルエステルを含有する場合、材料を精製するために、100の塩酸水溶液中で残留エステルを加水分解し、その後、当業者に周知の手順を用いてヘプタンまたはメタノールからホスホン酸を再結晶させた。

【0060】

1-ホスホノ-3,7,11,15-テトラメチルヘキサデカン（ $\text{CH}_3 - (\text{CHCH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2)_3\text{CHCH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2 - \text{PO}_3\text{H}_2$ ）自己組織化単分子層の前駆物質を、以下の方法によって合成した。材料は全て、ウィスコンシン州、ミルウォーキーのアルドリッチケミカルズ（Aldrich Chemicals, Milwaukee, WI）から市販されていた。

30

【0061】

エタノール200 mL中に溶かした3,7,11,15-テトラメチル-2-ヘキサセチン-1-オール50.0 g（169 mmol）溶液に、トリエチルアミン0.3 g（3 mmol）および5%のPd担持炭素500 mgに添加した。その混合物を、24時間、パー水素化装置（Parr hydrogenator）で水素50 psi（345 kPa）下に維持した。混合物を濾過および濃縮し、蒸留により、沸点150-155、0.05 mmHgにおいて透明な無色の液体として3,7,11,15-テトラメチル-1-ヘキサデカノール41.7 g（83%）を得た。

40

【0062】

3,7,11,15-テトラメチル-1-ヘキサデカノール40.0 g（134 mmol）と48%の臭化水素酸400 mLとの混合物に濃硫酸40 mLをゆっくりと添加した。反応混合物を24時間、100で加熱し、水1.2 L中に流し込んだ。混合物をヘキサンで抽出し、混合有機相を、 NaHCO_3 水溶液で洗浄し、 MgSO_4 で乾燥させた。溶液を暗色の液体に濃縮し、それを、ヘキサンでシリカ3インチ（7.6 cm）に通して溶出した。溶離剤の濃縮により、明るい琥珀色の液体が得られ、バルブ-バルブ蒸留によって、沸点160-180、0.06 mmHgで透明な無色の液体として1-ブromo-3,7,11,15-テトラメチルヘキサデカン40.8 g（84%）を生じた。

50

【0063】

1 - プロモ - 3, 7, 11, 15 - テトラメチルヘキサデカン 21.69 g (60 mmol) と トリエチルホスフィット 25 g (150 mmol) との混合物を 150 で加熱した。18 時間後に、トリエチルホスフィットを更に 20 g (120 mmol) 添加し、加熱を 24 時間、続けた。ジエチルエチルホスホネートおよび他の揮発物を沸点 30 ~ 50、0.05 mmHg で蒸留し、濃縮物のバルブ - バルブ蒸留により、沸点 190 ~ 230、0.05 mmHg で透明な無色の液体として 1 - (ジエチルホスホノ) - 3, 7, 11, 15 - テトラメチルヘキサデカン 23.51 g (94%) を生じた。

【0064】

ジクロロメタン 40 mL に溶かした 1 - (ジエチルホスホノ) - 3, 7, 11, 15 - テトラメチルヘキサデカン 14.6 g (35 mmol) の溶液に、プロモトリメチルシラン 15.0 g (98 mmol) を添加した。室温で 24 時間後に、溶液を薄い黄色味の液体に濃縮し、中間シリルホスホネートエステルをメタノール 100 mL 中に溶解した。得られた溶液を 30 分間、室温で攪拌し、白い固体に濃縮した。メタノールへの溶解および濃縮を 2 回繰り返し、酢酸エチルからの再結晶により、mp 69 ~ 72、白い結晶として 1 - ホスホノ - 3, 7, 11, 15 - テトラメチルヘキサデカン 10.5 g (83%) を生じた。

【0065】

最終生成物およびすべての中間体の ^1H 、 ^{13}C 、および ^{31}P NMR スペクトルが、ターゲット化合物の構造と一致していた。

【0066】

基板

単結晶 < 100 > 配向シリコンウエハは、カリフォルニア州、サンノゼのシリコンバレーマイクロエレクトロニクス (Silicon Valley Microelectronics, San Jose, California) から得られた。1500 のアルミナ層を、化学蒸着方法によって各ウエハ前面に堆積させた。5000 のアルミニウム金属層を、各ウエハ裏面に蒸着させた。この実験において、有機薄膜トランジスタを作製したとき、アルミニウムでキャップしたドーパされたウエハがゲート電極の働きをし、酸化アルミニウムがゲート誘電体として機能した。

【0067】

実施例 1

上に記載したシリコンウエハ基板を 4 分し、UV / オゾンチャンバ (手製、短波長の紫外線) 内で 5 分間、暴露して清浄にした。選択された自己組織化単分子層の前駆物質 (1 - ホスホノヘキサデカン) を、準備した基板のアルミナ表面に適用するために、絶対エタノールに溶かした前駆物質 0.1 重量パーセント (wt%) 溶液を 5 秒間、300 rpm で、その後に、15 秒間 2000 rpm でスピコートした。次に、コートされた基板を、真空加熱板上で 3 分間、150 で加熱し、次いで、新しいエタノールですすぎ洗いをし、窒素ストリーム下で乾燥させた。その結果、基板のアルミナ層上の自己組織化単分子層が得られた。

【0068】

得られた自己組織化単分子層の水の接触角およびコーティング厚さを、上に記載した手順を用いて、コートされた試料について測定した。結果を (以下の) 表 1 に示す。

【0069】

ペンタセン (ウィスコンシン州、ミルウォーキーのアルドリッチケミカル製) を、窒素ガスの定流量下、減圧にて 3 領域炉 (アイオワ州、ダビュークのバーンステッドターモリン (Barnstead Thermolyne, Dubuque, Iowa) の「ターモリン (Thermolyne)」79500 管状炉) 内で精製した。

【0070】

精製したペンタセンを、真空下 (約 10^{-6} トル (または 1.33×10^{-4} Pa)) で毎秒 0.5 の速度で自己組織化単分子層の形成された表面に昇華によって堆積させ、水晶

10

20

30

40

50

マイクロバランスによって測定したとき500の厚さに達した。次に、パラジウムまたは金ソースおよびドレイン電極をペンタセン層上にシャドウマスクした。素子の寸法は、40 μ mチャンネル長さ \times 1000 μ mチャンネル幅であった。

【0071】

多数のOTFTを作製し、3～7のOTFTの代表試料を、7回の堆積実験の各々について試験した。平均した結果を以下の表2に示す。例外的な結果が単一OTFTで生じ、電荷・キャリア移動度が約3.7 cm^2/Vs であったが、他の値が平均値かまたはその付近であった。

【0072】

実施例2～4

実施例2～4を実施例1と同様に作製したが、前駆物質の選択を、記載したように変えた。実施例4において、前駆物質の0.5重量%溶液を用いた。

【0073】

実施例2(1-ホスホノ-3,7,11,15-テトラメチルヘキサデカン)において、多数のOTFTを作製し、3～6のOTFTの代表試料を、3回の堆積実験の各々について試験した。平均した結果を以下の表2に記載する。

【0074】

実施例3(1-ホスホノオクタン)において、多数のOTFTを作製し、1～4のOTFTの代表試料を、6回の堆積実験の各々について試験した。平均した結果を以下の表2に記載する。

【0075】

実施例4(1-ホスホノヘキサン)において、多数のOTFTを作製し、3つのOTFTの代表試料を、3回の堆積実験の各々について試験した。平均した結果を以下の表2に記載する。

【0076】

比較例1

シリコンウエハ基板を、アセトン、メタノール、2-プロパノール、および脱イオン水で連続的にすすぎ洗いして清浄にし、その後に、加熱板上で100で3分間、加熱し、UV/オゾンチャンバー(手製)内で15分間、暴露した。WCAを実施例1～4と同様にして測定し、結果を(以下の)表1に示す。

【0077】

ペンタセンおよびソースおよびドレイン電極を、実施例1～4に記載したように堆積した。比較例1(表面処理なし)において、多数のOTFTを作製し、代表試料3～7のOTFTを、40の堆積実験の各々について試験した。平均した結果を以下の表2に示す。

【0078】

10

20

30

【表 1】

表 1. 厚さ及び水の接触角

実施例	前駆物質	厚さ (Å)	静的WCA	前進WCA	後退WCA
1	1-ホスホノヘキサデカン	19	109	116	103
2	1-ホスホノ-3, 7, 11, 15-テトラメチルヘキサデカン	14	112	113	101
3	1-ホスホノオクタン	7	106	112	100
4	1-ホスホノヘキサン	4	100	106	93
比較例1	Al ₂ O ₃ 対照	---	<40	<40	<40

10

【0079】

【表 2】

表 2. 性能

実施例	前駆物質	移動度 (cm ² /Vs)	閾値電圧 (V)	サブ閾値傾斜 (V/dec)	オン/オフ 比
1	1-ホスホノヘキサデカン	2.056 (0.89)	-4.86 (5.37)	5.24 (6.86)	2.38 × 10 ⁶
2	1-ホスホノ-3, 7, 11, 15-テトラメチルヘキサデカン	1.831 (0.72)	5.40 (7.86)	2.85 (1.29)	4.52 × 10 ⁵
3	1-ホスホノオクタン	1.959 (0.36)	-1.93 (2.43)	1.95 (0.77)	3.57 × 10 ⁶
4	1-ホスホノヘキサン	1.820 (0.57)	1.11 (3.57)	4.02 (4.21)	1.80 × 10 ⁶
比較例1	Al ₂ O ₃ 対照	0.972 (0.35)	-6.72 (3.23)	1.72 (0.86)	8.74 × 10 ⁶

20

30

表 2 において、括弧内の数は標準偏差である。

【0080】

比較用に、OTSで処理した周知の素子は、比較的非常に高い閾値電圧（60Vを上回る）を示したが、ジャクソン（Jackson）ら著、「ペンタセンベースの有機薄膜トランジスタ（“Pentacene-Based Organic Thin Film Transistors”）」、電子素子のIEEE紀要、Vol. 44、1325～31ページ、1997年、に記載されているように、OTFTは依然として可能であった。

40

【0081】

本発明の様々な改良および変更が本発明の範囲および原理から逸脱することなく実施できることは、当業者には明らかであるが、本発明は、上に記載した具体的な実施態様に不当に限定されるものではないことを理解されたい。

【図面の簡単な説明】

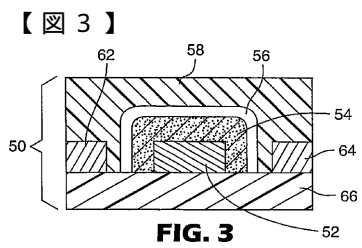
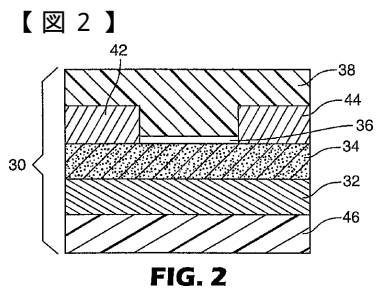
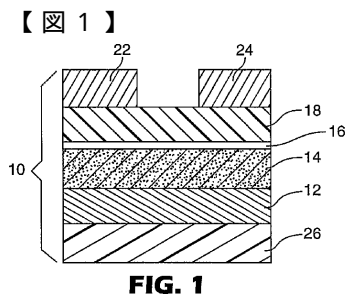
【0082】

50

【図1】本発明の一実施態様の略断面図である（縮尺通りではない）。

【図2】本発明の別実施態様の略断面図である（縮尺通りではない）。

【図3】本発明の更に別の実施態様の略断面図である（縮尺通りではない）。



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
 C 0 7 F 9/38 (2006.01) H 0 1 L 29/28 3 9 0
 C 0 7 F 9/38

- (72)発明者 ケリー, トミー ダブリュ .
 アメリカ合衆国, ミネソタ 5 5 1 3 3 - 3 4 2 7, セント ポール, ポスト オフィス ボック
 ス 3 3 4 2 7
- (72)発明者 マイレス, ダウン ブイ .
 アメリカ合衆国, ミネソタ 5 5 1 3 3 - 3 4 2 7, セント ポール, ポスト オフィス ボック
 ス 3 3 4 2 7
- (72)発明者 ペレリット, マーク ジェイ .
 アメリカ合衆国, ミネソタ 5 5 1 3 3 - 3 4 2 7, セント ポール, ポスト オフィス ボック
 ス 3 3 4 2 7
- (72)発明者 ダンバー, ティモシー ディー .
 アメリカ合衆国, ミネソタ 5 5 1 3 3 - 3 4 2 7, セント ポール, ポスト オフィス ボック
 ス 3 3 4 2 7
- (72)発明者 ボードマン, ラリー ディー .
 アメリカ合衆国, ミネソタ 5 5 1 3 3 - 3 4 2 7, セント ポール, ポスト オフィス ボック
 ス 3 3 4 2 7
- (72)発明者 スミス, テランス ピー .
 アメリカ合衆国, ミネソタ 5 5 1 3 3 - 3 4 2 7, セント ポール, ポスト オフィス ボック
 ス 3 3 4 2 7

審査官 小出 輝

- (56)参考文献 特開2001-244467(JP, A)
 国際公開第01/001502(WO, A1)
 特表2000-510176(JP, A)
 Thomas N. Jackson, Organic Thin-Film Transistors for Organic Light-Emitting Flat-Panel
 Display Backplanes, IEEE JOURNAL OF SELECTED TOPICS IN QUANTUM ELECTRONICS, 1998
 年 2月, Vol.4, No.1, p.100-104

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 29/786
 C07F 9/38
 H01L 21/336
 H01L 51/05
 H01L 51/30
 H01L 51/40
 CA/REGISTRY(STN)
 IEEE Xplore